

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-320740

(43)Date of publication of application : 04.12.1998

(51)Int.Cl.

G11B 5/66

G11B 5/39

(21)Application number : 09-129624

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 20.05.1997

(72)Inventor : TANAHASHI KIWAMU

HOSOE YUZURU

TAMAI ICHIRO

KANBE TETSUYA

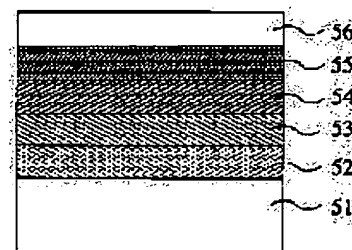
YAMAMOTO TOMOO

### (54) MAGNETIC STORAGE DEVICE AND INTRASURFACE MAGNETIC RECORDING MEDIUM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magnetic storage device having >3 gigabit/in<sup>2</sup> recording density and high reliability and to provide an intrasurface recording medium essential for the device generating a low medium noise and almost independent of thermal fluctuation.

SOLUTION: The reproduction part of the magnetic head of a magnetic storage device is formed with a magnetoresistance effect type head. The magnetic layer of an intrasurface magnetic recording medium is provided with a two-layered structure consisting of 1st and 2nd magnetic layers 53, 54 different from each other in compsn., so that the concn. of Pt in the 1st magnetic layer 53 coming in contact with the underlayer 52 is made higher than that in the 2nd magnetic layer 54 formed on the 1st magnetic layer 53 and the concn. of Cr in the 1st magnetic layer 53 is made lower than that in the 2nd magnetic layer 54.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

**\* NOTICES \***

**Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim]

[Claim 1] The magnetic-recording medium within a field which has the magnetic layer formed through the substratum layer on the substrate, The magnetic head equipped with the mechanical component which drives the aforementioned magnetic-recording medium within a field in the record orientation, and the Records Department and the regeneration section, In the magnetic storage which has a means to make the aforementioned magnetic head motion relatively to the aforementioned magnetic-recording medium within a field, and a record regenerative-signal processing means for performing output signal regeneration from the signal input and the aforementioned magnetic head to the aforementioned magnetic head The regeneration section of the aforementioned magnetic head consists of the magnetoresistance-effect type magnetic head, and it has the two-layer structure from which composition of the magnetic layer of the aforementioned magnetic-recording medium within a field is different. And magnetic storage to which Pt concentration of the first magnetic layer which touches a substratum layer is characterized by the high thing compared with Pt concentration of the second magnetic layer formed on the first aforementioned magnetic layer.

[Claim 2] Magnetic storage of the claim 1 publication to which Cr concentration of the first aforementioned magnetic layer is characterized by the low thing compared with Cr concentration of the second aforementioned magnetic layer.

[Claim 3] The claim 1 to which the thickness of the first aforementioned magnetic layer is characterized by 1nm or more being 8nm or less, or magnetic storage given in two.

[Claim 4] The claims 1 and 2 characterized by having the magnetic-reluctance sensor by which the aforementioned magnetoresistance-effect type magnetic head contains two or more conductive magnetic layers which produce a big resistance change when the mutual magnetization orientation changes with external magnetic fields relatively, and the conductive non-magnetic layer arranged between the aforementioned conductive magnetic layers, or magnetic storage given in three.

[Claim 5] The magnetic-recording medium within a field by which Pt concentration of the first magnetic layer which has the two-layer structure from which composition of the aforementioned magnetic layer is different in the magnetic-recording medium within a field which has the magnetic layer formed through the substratum layer on the substrate, and touches a substratum layer is characterized by the high thing compared with Pt concentration of the second magnetic layer formed on the first aforementioned magnetic layer.

[Claim 6] The magnetic-recording medium within a field of the claim 5 publication whose Cr concentration of the first aforementioned magnetic layer is characterized by the low thing compared with Cr concentration of the second aforementioned magnetic layer.

[Claim 7] The claim 5 to which the thickness of the first aforementioned magnetic layer is characterized by 1nm or more being 8nm or less, or the magnetic-recording medium within a field given in six.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

**Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed description]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to magnetic storage and the magnetic-recording medium within a field, and relates to the magnetic storage which has recording density 3 gigabits [ per 1 square inch ] or more especially, and the magnetic-recording medium within a field for realizing this.

[0002]

[Prior art] The increase of the amount of information which a computer treats is being enhanced, and the magnetic disk unit which is external storage is asked for the more and more large capacity-ization. The magnetic disk unit which now has the recording density of the 1 gigabit class per a maximum of 1 square inch has come to be produced commercially. The Records Department and the regeneration section are divided into the magnetic head of such a high-density magnetic disk unit, and the compound-die head which used the electromagnetic-induction type magnetic head for the Records Department, and used the magnetoresistance-effect type head for the regeneration section is adopted. A magnetoresistance-effect type head can obtain sufficient regeneration output, even when a record bit makes it minute since regeneration photographic sensitivity is high, and a magnetic leakage flux decreases compared with the conventional electromagnetic-induction type head. Furthermore, a development of the spin bulb type huge magnetoresistance-effect type head which raised regeneration photographic sensitivity is also progressing.

[0003] On the other hand, that to which a magnetic-recording medium changes from Co alloy magnetic layers, such as CoNiCr, CoCrTa, and CoCrPt, and Cr substratum layer which controls the crystal stacking tendency of a magnetic layer is used. In order to take the roppo maximum dense (hcp) structure which makes c axis an easy axis and to use as a magnetic-recording medium within a field, as for Co alloy magnetic layer, it is desirable to turn c axis in a field. Then, Cr substratum layer which takes body center cube (bcc) structure first is formed on a substrate, Co alloy magnetic layer is grown epitaxially on it, and the technique of turning c axis in a field is used. Moreover, since CoCrPt alloy with a big lattice constant is used for the magnetic layer of a high-density record medium which needs high coercive force, add Ti and V to Cr, a lattice spacing is made to increase, the grid adjustment with a magnetic layer is raised, and the technique of turning c axis in a field more is proposed (a Provisional-Publication-No. 257618 [ 62 to ] official report, Provisional-Publication-No. 197018 [ 63 to ] official report).

[0004] A medium is asked for low noise-ization more than the former, in order to reproduce not only the signal of a medium but a noise to a high sensitivity, when a magnetoresistance-effect type head is used for the reproducing head. The medium noise mainly originates in turbulence of the magnetization in the magnetization transition region between record bits, and narrowing this field leads to a reduction of a medium noise. It is effective in this to make magnetic grain detailed, and to weaken the interaction between grain, and to make a flux reversal size small. Since the epitaxial relation is realized between the magnetic layer and the substratum layer as mentioned above, -izing of the magnetic grain can be carried out [ detailed ] by making substratum grain detailed. Moreover, a reduction of the interaction between grain becomes possible by making high Cr concentration and \*\*\*\* temperature of a magnetic layer, and carrying out the segregation of the nonmagnetic Cr to a grain boundary.

[0005]

[Object of the Invention] However, since it corresponds to high recording density-ization, when a magnetic layer is made thin, it is posing a problem that magnetization becomes unstable thermally by too much detailed-ization of magnetic grain, and the recorded signal declines with time. this invention is made in order to solve the above-mentioned trouble. The medium noise the magnetic storage which has a high reliability by recording density 3 gigabits [ per 1 square inch ] or more, and for realizing it is low, and it aims more concrete at offering the magnetic-recording medium within a field seldom influenced of heat fluctuation.

[0006]

[The means for solving a technical problem] The magnetic-recording medium within a field which has the magnetic layer formed through the substratum layer on the substrate in this invention, The magnetic head equipped with the mechanical component which drives the magnetic-recording medium within a field in the record orientation, and the Records Department and the regeneration section, In the magnetic storage which has a means to make the magnetic head motion relatively to the magnetic-recording medium within a field, and a record regenerative-signal processing means for performing output signal regeneration from the signal input and the magnetic head to the magnetic head. Constitute the regeneration section of the magnetic head from the magnetoresistance-effect type magnetic head, and it considers as the two-layer structure from which composition of the magnetic layer of the magnetic-recording medium within a field is different. And the aforementioned purpose

is attained by making high Pt concentration of the first magnetic layer which touches a substratum layer compared with Pt concentration of the second magnetic layer formed on the first magnetic layer.

[0007] Cr concentration of the first magnetic layer has low desirable one compared with Cr concentration of the second magnetic layer. Moreover, the thickness of the first magnetic layer may be 1nm or more 8nm or less. The magnetoresistance-effect type magnetic head can also be equipped with the magnetic-reluctance sensor containing two or more conductive magnetic layers which produce a big resistance change, and the conductive non-magnetic layer arranged between conductive magnetic layers when the mutual magnetization orientation changes with external magnetic fields relatively.

[0008] The alloy which makes Co a principal component can be used for the magnetic layer of the magnetic-recording medium within a field for CoCrPt, CoCrPtTa, CoCrPtNi, CoCrPtTi, etc. Since high coercive force is obtained easily highly, as for Co alloy with which Pt was added, the anisotropy field is suitable for the high-density record. However, with Pt addition, in order for coercive force to tend to increase, it needs to choose Pt concentration in accordance with the write-in capacity of a record head.

[0009] Although according to this invention person's etc. study it is necessary to make a magnetic layer thin since it corresponds to high recording density-ization, when a magnetic layer is thin, the signal recorded as shown in drawing 1 comes to decline with time. Too detailed grain exists in the initial growth section of the magnetic layer grown epitaxially on the substratum layer, and this is considered for these to swing thermally. Such a heat fluctuation phenomenon is the magnetic-anisotropy constant Ku. It will happen, if product Ku and V of volume V of magnetic grain become small to the grade which can be measured with heat energy kB and T. If (Ku and V)/(kB and T) becomes about 60 according to IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, the 30th volume, and 4230 - 4232 pages (1994), the influence of heat fluctuation will become remarkable.

[0010] In order to suppress the influence of such heat fluctuation, when this invention person etc. examined the medium to which Pt concentration of a magnetic layer was changed, by making Pt concentration high, as shown in drawing 1 showed that he could suppress decrement of a signal. Drawing 1 is drawing showing the aging of a regeneration output, and its aging of a regeneration output decreases as it raises Pt concentration of a magnetic layer with 12at% (\*\*), 8at% (\*\* shows all over drawing) to 10at% (O). This is the magnetic-anisotropy constant Ku in Pt concentration. It becomes large, the value of (Ku and V)/(kB and T) can be made high, and, as a result, it is considered because the influence of heat fluctuation can be suppressed. However, if Pt concentration is made high, coercive force will become large, and the problem that sufficient overwrite property is not acquired in record regeneration arises.

[0011] When this invention persons examined various medium structures so that the influence of heat fluctuation might be suppressed and a good overwrite property could be acquired, they found that it was effective to consider a magnetic layer as a bilayer configuration and to make high Pt concentration of the first magnetic layer which touches a substratum layer compared with Pt concentration of the second magnetic layer formed on it. Making Pt concentration of the first magnetic layer high has the effect of suppressing detailed grain swinging thermally in the excess of the initial growth section of a magnetic layer, and the value of coercive force can be optimized by making Pt concentration of the second magnetic layer low. Furthermore, Cr concentration of the first magnetic layer can be made low compared with Cr concentration of the second magnetic layer, and the above-mentioned effect can be raised by leaving the suitable exchange interaction between grain. That is, detailed grain can be magnetically combined with the excess of the initial growth section of a magnetic layer, and the influence of heat fluctuation can be suppressed by making a substantial flux reversal size larger than grain size. Therefore, as for the thickness of the first magnetic layer, it is desirable to make it of the same grade as the thickness of the initial growth section of a magnetic layer.

[0012] Although it depends for the thickness of the initial growth section on the combination, a \*\*\*\* process, etc. of a substratum layer and a magnetic layer, since it is about 5nm even when the thickest, as for the thickness of the first magnetic layer, it is desirable to be referred to as 5nm or less. Moreover, as for the thickness which united the first magnetic layer and the second magnetic layer, it is desirable to be referred to as 15nm or less from the point which makes resolution of a medium high.

[0013] In this invention, it is necessary to turn the c axis of a magnetic layer in a film surface. Such crystal orientation has bcc structure, and when the (100) field forms a magnetic layer on a substratum layer parallel to a film surface in general, it is acquired. As a material of the substratum layer which has bcc structure, it is desirable to choose from Cr alloys, such as Cr, and CrTi, CrV, CrMo, CrTa, etc. When using Cr alloy, the problem from which the crystal orientation of a wish is hard to be acquired with the substrate to use or the addition of Ti, V, Mo, and Ta arises. In this case, bcc substratum layer can be made into a bilayer and the crystal orientation of a wish can be acquired by growing epitaxially second bcc substratum layer which used Cr alloy on it, using Cr as first bcc substratum layer.

[0014] It is the aluminum-Mg substrate which needs to use the thing excellent in surface smooth nature and by which NiP was specifically formed in the front face as a substrate, a glass substrate, and SiO<sub>2</sub>. A substrate, SiC substrate, a carbon substrate, etc. can be used. Moreover, the reliable magnetic-recording medium within a field is obtained by forming carbon with a thickness of 10-30nm, and forming lubricating layers, such as a perfluoro alkyl polyether, by the thickness of 2-20nm further as a protection layer of a magnetic layer. Moreover, slide-proof nature and corrosion resistance can be improved by using carbon, carbonization silicon, etc. which were hydrogenated as a material of a protection layer.

[0015] Until now, many magnetic-recording mediums which made the magnetic layer the bilayer or the multilayer are reported. For example, in the magnetic-recording medium currently indicated by the publication-number 147660 [ eight to ] official report, a magnetic layer is made into a bilayer, the first magnetic layer is formed with CoCrTa alloy, and the second magnetic layer is formed with CoCrPtTa alloy. In this case, CoCrPtTa alloy with high coercive force is used for the second magnetic layer, and the thickness of the second magnetic layer is set to 2-6nm. To it, by the magnetic-recording medium of this invention, Pt is added, moreover, Pt concentration of the first magnetic layer is high compared with Pt concentration of the second magnetic layer, and the bilayers of a magnetic layer differ at the point which makes the thickness of the first magnetic layer thin with 1-8nm.

[0016] Furthermore, in a publication-number 147660 [ eight to ] official report, the roles of the second magnetic layer which added Pt essentially differ by the magnetic-recording medium of this invention to being suppression of the coercive force fall of the first magnetic layer which used CoCrTa alloy in that the role to which Pt concentration suppresses the influence of heat fluctuation to the first high magnetic layer is given. That is, with a layer configuration like this conventional example, although it is effective in suppressing decrement of the regenerative signal by the heat fluctuation which poses a problem by the magnetic-recording medium of this invention when a magnetic layer is made thin, even if it can make coercive force high, such an effect is not expectable.

[0017] Moreover, although there is a magnetic-recording medium which made the magnetic layer the bilayer laminated structure of a soft-magnetism layer and a hard magnetism layer as indicated by the publication-number 77544 [ eight to ] official report, for example, the magnetic layer of this invention differs from such a conventional example in that a bilayer is hard magnetism. If a soft-magnetism layer is contained in a magnetic layer, the problem possibility that a medium noise will increase by the strong exchange interaction is high, and further become easy to be influenced of the magnetic field from the exterior will also be produced.

[0018] Moreover, there is a magnetic-recording medium which divided the magnetic layer by nonmagnetic interlayers, such as Cr, as indicated by the publication-number 243454 [ six to ] official report, the publication-number 342511 [ six to ] official report, the publication-number 349047 [ six to ] official report, etc., for example. Since this nonmagnetic interlayer weakens the exchange interaction between the divided magnetic layers, a flux reversal size becomes small and, as a result, he can reduce a medium noise.

[0019] However, the static magnetism interaction is working between the divided magnetic layers, and if a flux reversal size becomes small to the grade influenced of heat fluctuation, magnetization may be negated according to this negative interaction, as indicated by IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, the 30th volume, and 4230 - 4232 pages (1994). Since the direct laminating is carried out, without dividing a magnetic layer by the non-magnetic layer by the magnetic-recording medium of this invention to it, the moderate exchange interaction is working between magnetic layers, and it is hard to be influenced of heat fluctuation.

[0020] As mentioned above, although it is not expectable to suppress the influence of the heat fluctuation actualized when a magnetic layer is made thin by the magnetic-recording medium using the conventional multilayer magnetic layer, since the magnetic-recording medium of this invention has the effect which suppresses the influence of heat fluctuation, it can use a magnetic layer in a thinner field, and, as a result, can realize high resolution.

[0021] The magnetic-reluctance sensor section of the magnetic-reluctance type magnetic head for regeneration used for the magnetic storage of this invention is formed between the shield layers of two sheets which consist of a soft magnetism from which only distance 0.35 micrometers or less was separated mutually. Since resolution will fall if the spacing of the aforementioned shield layer is made larger than 0.35 micrometers, it is not desirable. As a magnetic properties of the magnetic-recording medium within a field, product  $Brxt$  of thickness  $t$  of a magnetic layer, and the residual magnetic flux density  $Br$  which impressed and measured the magnetic field in the relative run orientation of the magnetic head to the magnetic-recording medium within a field at the time of a record More than 10Gmicrometer If it considers as less than 130Gmicrometer ] and coercive force  $Hc$  which impressed and measured the magnetic field in the still same orientation as the magnetic-field impression orientation is set to 2 or more kOes, a magnetization transition region will become narrow and a medium noise will decrease. Since resolution will fall if sufficient regeneration output will not be obtained if  $Brxt$  is made smaller than 10Gmicrometer, and it is made larger than 130Gmicrometer, it is not desirable. Moreover, since the regeneration output in the high recording density of 200 or more kFCIs will decline sharply if coercive force is made smaller than 2kOes, it is not desirable.

[0022] Furthermore, since a regenerative signal can be raised by constituting by the magnetic-reluctance sensor containing two or more conductive magnetic layers which produce a big resistance change when the mutual magnetization orientation changes the aforementioned magnetoresistance-effect type magnetic head with external magnetic fields relatively, and the conductive non-magnetic layer arranged between these conductive magnetic layers, the magnetic storage which has a high reliability by recording density 3 gigabits [ per 1 square inch ] or more is realizable.

[0023]

[Gestalt of implementation of invention] Hereafter, the gestalt of enforcement of this invention is explained.

The mimetic diagram and verticval mimetic diagram of magnetic storage which were used by the [example 1] this example are shown in drawing 2 (a) and drawing 2 (b). This equipment is the magnetic storage with the configuration of the common knowledge which comes to have the magnetic-recording medium within a field 21, the mechanical component 22 which carries out the rotation drive of this, the magnetic head 23 and its drive means 24, and the record regenerative-signal processing means 25 of the aforementioned magnetic head.

[0024] The \*\* type view of the structure of the magnetic head used for this magnetic storage is shown in drawing 3 . This magnetic head is a record regeneration discrete-type head which combined the electromagnetic-induction type magnetic head for a record and the magnetoresistance-effect type head for regeneration which were formed on the magnetic-head slider substrate 37. The magnetic head for a record is induction-type thin film magnetic head which consists of a coil 33 interlinked to the record magnetic poles 31 and 32 of a couple, and it, and the gap thickness between record magnetic poles could be 0.3 micrometers. Moreover, both the magnetic poles 32 are the magnetic-shielding layer 36 with a thickness of 1 micrometer and a pair, it serves also as the magnetic shielding of the magnetic head for regeneration, and the distance between these shield layers is 0.25 micrometers. The magnetic head for regeneration is a magnetoresistance-effect type head which consists of a

magnetoresistance-effect sensor 34 and a conductor layer 35 used as an electrode. In addition, in drawing 3, the gap layer and shield layer between record magnetic poles are omitted.

[0025] The longitudinal-section structure of a magnetic-reluctance sensor is shown in drawing 4. The signal-detection field 41 of a magnetic-reluctance sensor consists of a fraction by which the horizontal bias layer 43, the detached core 44, and the magnetic-reluctance ferromagnetism layer 45 were formed one by one on the gap layer 42 of oxidation aluminum. 20nm NiFe alloy was used for the magnetic-reluctance ferromagnetism layer 45. Although 25nm NiFeNb was used for the horizontal bias layer 43, electric resistance of NiFeRh is comparatively high and it may use the ferromagnetic alloy with a good soft-magnetism property. By the magnetic field by which the induction was carried out with the sense current which flows the magnetic-reluctance ferromagnetism layer 45, film surface inboard (longitudinal direction) perpendicular to this current is magnetized, and the horizontal bias layer 43 impresses a lateral bias magnetic field to the magnetic-reluctance ferromagnetism layer 45. This becomes the magnetic sensor from which an alignment regeneration output is obtained to the leakage magnetic field from a medium.

[0026] The thickness could be 5nm at the detached core 44 which prevents the part style of the sense current from the magnetic-reluctance magnetic layer 45 using Ta with comparatively high electric resistance. There is taper section 46 processed into the taper configuration in the ends of the signal-detection field 41. The taper section 46 consists of a permanent magnet layer 47 for forming the magnetic-reluctance magnetic layer 45 into a single magnetic domain, and an electrode 48 of the couple for taking out the signal formed on it. A permanent magnet 47 has high coercive force, it is important that the magnetization orientation does not change easily, and CoCr, CoCrPt alloy, etc. are used.

[0027] The layer configuration of the magnetic-recording medium used for drawing 5 by this example is shown. NiP plating of outer-diameter [ of 95mm ] phi used for the substrate 51 the aluminum-Mg alloy substrate given to the front face. the substratum layer 52 \*\*\*\*\* -- \*\*\*\*\* -- a Cr-15at%Ti alloy layer with a thickness of 10nm -- the first magnetic layer 53 \*\*\*\*\* -- the 10nm carbon layer was continuously formed [ the 3nm Co-22at%Cr-12at%Pt alloy layer ] for the 11nm Co-22at%Cr-10at%Pt alloy layer by the DC magnetron sputtering method as a protection layer 55 as the second magnetic layer 54 In the partial pressure of argon gas, 5mTorr and injection power made [ \*\*\*\* conditions ] 1kW and substrate temperature 300 degrees C. The lubricating layer 56 diluted the material of a perfluoro alkyl polyether system with the fluorocarbon material, and applied it.

[0028] Moreover, what used the magnetic layer 63 as the monolayer as an example of a comparison as shown in drawing 6 was produced. The magnetic layer 63 set the thickness to 14nm, and two kinds of composition, a Co-22at%Cr-10at%Pt alloy layer (example 1 of a comparison) and a Co-22at%Cr-12at%Pt alloy layer (example 2 of a comparison), was used for it here.

[0029] The signal was written in the medium of this example and the example of a comparison by the track recording density of 225kFCIs, and the stability of the recorded signal was investigated by measuring the aging of a regenerative signal.

Consequently, as shown in drawing 7, by the medium of the example 1 of a comparison, a regeneration output decreases gently with time, and, 120 hours after, most falls of a regeneration output did not accept after 120 hours by the medium of the example 2 of a comparison, and this example to about 4% of the fall having been seen. This is Ku of the initial growth section with the medium of the example 2 of a comparison, and this example to too detailed grain existing in the initial growth section of a magnetic layer by the medium of the example 1 of a comparison, and these swinging thermally. Since it is large, the value of Ku and V can be enlarged comparatively and it is thought that thermal fluctuation was able to be suppressed as a result.

[0030] On the other hand, the overwrite property deteriorated by the medium of the example 2 of a comparison to the good property having been acquired by the medium of the example 1 of a comparison, and this example, as shown in Table 1. It has high Pt concentration that the overwrite property of the medium of the example 2 of a comparison deteriorated, and it is because coercive force is large. Thus, in order to suppress the influence of heat fluctuation and to acquire a good overwrite property, it turns out that it is effective to consider a magnetic layer as a bilayer configuration and to use the magnetic layer of high Pt concentration for the first magnetic layer.

[0031]

[Table 1]

	磁性層の層構成	重ね書き特性 [dB]
実施例1	Co-22at%Cr-12at%Pt / Co-22at%Cr-10at%Pt	40
比較例1	Co-22at%Cr-10at%Pt	43
比較例2	Co-22at%Cr-12at%Pt	30

[0032] It included in the magnetic storage which showed the medium of this example to drawing 2, and when the conditions of 30nm of the head flying heights, track-recording-density 260kFCI, and track density 13kTPI estimated record reproducing characteristics, equipment S/N of 1.7 was obtained. Moreover, in the 10 to 50 degrees C temperature requirement, record regeneration of the input signal to the magnetic head was able to be carried out by 3 gigabits [ per 1 square inch ] recording density by performing 8-9 code-modulation processing. And the number of bit errors after 50,000 head seeking examinations from inner circumference to a periphery is 10 bits/page or less, and has attained 300,000 hours by mean time between failure.

[0033] By the same lamination as the medium of the example 1 shown in [example 2] drawing 5, the aluminum-Mg alloy substrate by which NiP plating of outer-diameter [ of 95mm ] phi was given to the front face is used for a substrate 51. A Cr-15at%Ti alloy layer with a thickness of 10nm as the first magnetic layer 53 as a substratum layer 52 the Co-22at%Cr-12at%Pt alloy layer of thickness xnm (x=0-14) The 10nm carbon layer was continuously formed for the Co-22at%Cr-10at%Pt alloy layer of thickness (14-x) nm by the DC magnetron sputtering method as a protection layer 55 as the second magnetic layer 54. In

addition, in the case of Co-22at%Cr-10at%Pt with a thickness of 14nm and a Co-22at%Cr-12at%Pt monolayer magnetic layer,  $x=0$  and  $x=14$  correspond here, respectively. \*\*\*\* conditions and the lubricating layer 56 are the same as that of an example 1.

[0034] The relation of the magnitude of attenuation 96 hours after the signal written in by the thickness of the first magnetic layer and the track recording density of 225kFCIs is shown in drawing 8 (a), and the thickness of the first magnetic layer and the relation of an overwrite property are shown in drawing 8 (b), respectively. As shown in drawing 8 (a), even when the thickness of the first magnetic layer was as thin as 1nm, the reduction effect of the magnitude of attenuation of a regeneration output was checked. When set to 3 morenm or more, compared with the case where the first magnetic layer is not used, the magnitude of attenuation was able to become very small or less with 1/2, and was able to suppress the influence of heat fluctuation enough.

[0035] On the other hand, as shown in drawing 8 (b), as for the overwrite property, the first magnetic layer deteriorated gradually in the still thick field, although 8nm showed the good property of 35dB or more which is satisfactory practically. Moreover, in the field 5nm or less, the especially good overwrite property of 40dB or more was acquired for the thickness of the first magnetic layer. As mentioned above, in order to suppress the influence of heat fluctuation and to acquire a good overwrite property, as for the thickness of the first magnetic layer, it is desirable that it is [ 1nm or more ] 8nm or less. Furthermore, it is desirable to set the thickness of the first magnetic layer to 5nm or less, for acquiring a good overwrite property especially.

[0036] With the same layer configuration as the medium of the example 1 shown in [example 3] drawing 5, the aluminum-Mg alloy substrate by which NiP plating of outer-diameter [ of 95mm ] phi was given to the front face is used for a substrate 51. The Co-Cr-11at%Pt alloy layer of 3nm of the thickness which changed Cr concentration for the Cr-15at%Ti alloy layer of 10nm of thickness from 16at% to 23at% as the first magnetic layer 53 as a substratum layer 52. The 10nm carbon layer was continuously formed for the 14nm Co-22at%Cr-10at%Pt alloy layer by the DC magnetron sputtering method as a protection layer 55 as the second magnetic layer 54. \*\*\*\* conditions and the lubricating layer 56 are the same as that of an example 1.

[0037] The relation of the magnitude of attenuation 96 hours after the signal written in by Cr concentration of the first magnetic layer and the track recording density of 225kFCIs is shown in drawing 9. The magnitude of attenuation of a regeneration output became small as Cr concentration of the first magnetic layer was lowered. By lowering Cr concentration, detailed grain combines this magnetically at the excess of the initial growth section of a magnetic layer, and a substantial flux reversal size is considered that having become large from grain size is shown.

[0038] Thus, even if it does not make Pt concentration of the first magnetic layer so high, the influence of heat fluctuation can be suppressed by lowering Cr concentration and enlarging a flux reversal size. however -- since a flux reversal size will become large beyond the need and a medium noise will increase as a result, if Cr concentration is lowered too much -- nonmagnetic -- it is necessary to combine with \*\*\*\* processes, such as substrate temperature which promotes the segregation of Cr, and to choose suitable Cr concentration

[0039] Composition of the first magnetic layer built the medium of this example of Co-18at%Cr-11at%Pt into the same magnetic storage as an example 1, and when the conditions of 30nm of the head flying heights, track-recording-density 260kFCI, and track density 13kTPI estimated record reproducing characteristics, equipment S/N of 1.6 was obtained. Moreover, in the 10 to 50 degrees C temperature requirement, record regeneration of the input signal to the magnetic head was able to be carried out by 3 gigabits [ per 1 square inch ] recording density by performing 8-9 code-modulation processing. And the number of bit errors after 50,000 head seeking examinations from inner circumference to a periphery is 10 bits/page or less, and has attained 300,000 hours by mean time between failure.

[0040] In the magnetic storage with the same configuration as the [example 4] example 1, a spin bulb type sensor which is shown in the magnetic-reluctance sensor 34 at drawing 10 was used. The signal-detection field 101 of a magnetic sensor is the structure where the Fe-20at%Mn antiferromagnetism alloy layer 107 of the 106 or 10nm of the second magnetic layer of 105 or 3nm of Cu interlayers of the 104 or 1.5nm of the first magnetic layer of 103 or 7nm of 5nm of Ta buffer layers was formed one by one on the gap layer 102 of oxidization aluminum. Co was used for the second magnetic layer 106 at the first magnetic layer 104 using the nickel-20at%Fe alloy.

[0041] On the other hand, magnetization of the second magnetic layer 106 is being fixed to \*\* by the exchange magnetic field from the antiferromagnetism alloy layer 107. On the other hand, the orientation of magnetization of the first magnetic layer 104 which touches through the second magnetic layer 106 and the nonmagnetic interlayer 105 changes with the leakage magnetic fields from the magnetic-recording medium within a field. In connection with change of the relative orientation of magnetization of such two magnetic layers, change arises in resistance of the whole layer of three layers. This phenomenon is called spin bulb effect. In this example, the spin bulb type magnetic head which used this effect for the magnetoresistance-effect sensor was used. In addition, the taper section 108 which consists of a permanent magnet layer 109 and an electrode 1010 is the same as that of the magnetoresistance-effect sensor shown in drawing 4.

[0042] The medium stated in the example 1 was built into the above-mentioned magnetic storage, and when the conditions of 30nm of the head flying heights, track-recording-density 260kFCI, and track density 13kTPI estimated record reproducing characteristics, equipment S/N of 2.0 was obtained. Moreover, in the 10 to 50 degrees C temperature requirement, record regeneration of the input signal to the magnetic head was able to be carried out by 3 gigabits [ per 1 square inch ] recording density by performing 8-9 code-modulation processing. And the number of bit errors after 50,000 head seeking examinations from inner circumference to a periphery is 10 bits/page or less, and has attained 300,000 hours by mean time between failure.

[0043]

[Effect of the invention] The magnetic-recording medium within a field of this invention is Ku of the initial growth section of a magnetic layer. Since it can do greatly, it is hard to be influenced of heat fluctuation. Moreover, the magnetic storage which has a high reliability by recording density 3 gigabits [ per 1 square inch ] or more is realizable by combining the magnetic-recording

medium within a field and magnetoresistance-effect type head of this invention.

---

[Translation done.]



(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10320740 A**

(43) Date of publication of application: **04 . 12 . 98**

(51) Int. Cl.

**G11B 5/66**  
**G11B 5/39**

(21) Application number: **09129624**

(22) Date of filing: **20 . 05 . 97**

(71) Applicant: **HITACHI LTD**

(72) Inventor:  
**TANAHASHI KIWAMU**  
**HOSOE YUZURU**  
**TAMAI ICHIRO**  
**KANBE TETSUYA**  
**YAMAMOTO TOMOO**

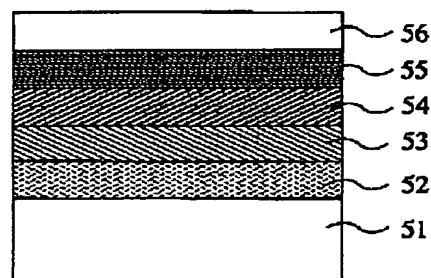
(54) **MAGNETIC STORAGE DEVICE AND  
INTRASURFACE MAGNETIC RECORDING  
MEDIUM**

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a magnetic storage device having  $\approx 3$  gigabit/in<sup>2</sup> recording density and high reliability and to provide an intrasurface recording medium essential for the device generating a low medium noise and almost independent of thermal fluctuation.

**SOLUTION:** The reproduction part of the magnetic head of a magnetic storage device is formed with a magnetoresistance effect type head. The magnetic layer of an intrasurface magnetic recording medium is provided with a two-layered structure consisting of 1st and 2nd magnetic layers 53, 54 different from each other in compsn., so that the concn. of Pt in the 1st magnetic layer 53 coming in contact with the underlayer 52 is made higher than that in the 2nd magnetic layer 54 formed on the 1st magnetic layer 53 and the concn. of Cr in the 1st magnetic layer 53 is made lower than that in the 2nd magnetic layer 54.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-320740

(43) 公開日 平成10年(1998)12月4日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

識別記号

F I

G 1 1 B 5/66  
5/39

G 1 1 B 5/66  
5/39

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平9-129624

(22) 出願日 平成9年(1997)5月20日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 棚橋 究

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 細江 譲

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 玉井 一郎

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74) 代理人 弁理士 平木 祐輔

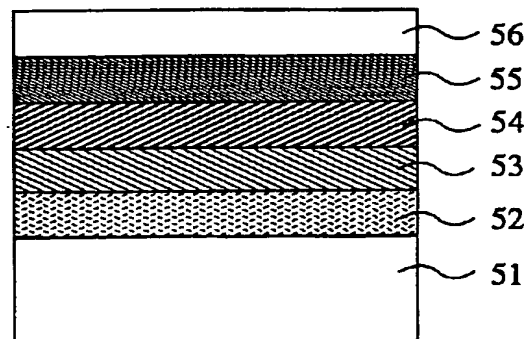
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気記憶装置及び面内磁気記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 1平方インチあたり3ギガビット以上の記録密度で高い信頼性を有する磁気記憶装置と、それを実現するための、媒体ノイズが低く、かつ、熱揺らぎの影響を受けにくい面内記録媒体を提供する。

【解決手段】 磁気記憶装置の磁気ヘッドの再生部を磁気抵抗効果型ヘッドで構成する。また、面内磁気記録媒体の磁性層を組成の異なる二層構造とし、下地層52と接する第一磁性層53のPt濃度を、第一磁性層の上に形成された第二磁性層54のPt濃度に比べ高くし、第一磁性層53のCr濃度を第二磁性層54のCr濃度に比べ低くする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に下地層を介して形成された磁性層を有する面内磁気記録媒体と、前記面内磁気記録媒体を記録方向に駆動する駆動部と、記録部と再生部とを備える磁気ヘッドと、前記磁気ヘッドを前記面内磁気記録媒体に対して相対運動させる手段と、前記磁気ヘッドへの信号入力と前記磁気ヘッドからの出力信号再生を行うための記録再生信号処理手段とを有する磁気記憶装置において、

前記磁気ヘッドの再生部が磁気抵抗効果型磁気ヘッドで構成され、前記面内磁気記録媒体の磁性層が組成の異なる二層構造を有し、かつ、下地層と接する第一磁性層のPt濃度が、前記第一磁性層の上に形成された第二磁性層のPt濃度に比べて高いことを特徴とする磁気記憶装置。

【請求項2】 前記第一磁性層のCr濃度が、前記第二磁性層のCr濃度に比べて低いことを特徴とする請求項1記載の磁気記憶装置。

【請求項3】 前記第一磁性層の膜厚が1nm以上8nm以下であることを特徴とする請求項1又は2記載の磁気記憶装置。

【請求項4】 前記磁気抵抗効果型磁気ヘッドが、互いの磁化方向が外部磁界によって相対的に変化することによって大きな抵抗変化を生ずる複数の導電性磁性層と、前記導電性磁性層の間に配置された導電性非磁性層とを含む磁気抵抗センサを備えることを特徴とする請求項1、2又は3記載の磁気記憶装置。

【請求項5】 基板上に下地層を介して形成された磁性層を有する面内磁気記録媒体において、前記磁性層が組成の異なる二層構造を有し、かつ下地層と接する第一磁性層のPt濃度が、前記第一磁性層の上に形成された第二磁性層のPt濃度に比べて高いことを特徴とする面内磁気記録媒体。

【請求項6】 前記第一磁性層のCr濃度が、前記第二磁性層のCr濃度に比べて低いことを特徴とする請求項5記載の面内磁気記録媒体。

【請求項7】 前記第一磁性層の膜厚が1nm以上8nm以下であることを特徴とする請求項5又は6記載の面内磁気記録媒体。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、磁気記憶装置及び面内磁気記録媒体に係り、特に1平方インチあたり3ギガビット以上の記録密度を有する磁気記憶装置と、これを実現するための面内磁気記録媒体に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 コンピュータの扱う情報量は増加の一途をたどっており、外部記憶装置である磁気ディスク装置にはますますの大容量化が求められている。現在のところ最高1平方インチあたり1ギガビットクラスの記録密

度を持つ磁気ディスク装置が製品化されるに到っている。こうした高密度磁気ディスク装置の磁気ヘッドには、記録部と再生部を分離し、記録部には電磁誘導型磁気ヘッドを、再生部には磁気抵抗効果型ヘッドを用いた複合型ヘッドが採用されている。磁気抵抗効果型ヘッドは、従来の電磁誘導型ヘッドに比べ再生感度が高いため、記録ビットが微小化し漏れ磁束が減少した場合でも、十分な再生出力を得ることができる。また、さらに再生感度を高めたスピンバルブ型の巨大磁気抵抗効果型ヘッドの開発も進みつつある。

【0003】 一方、磁気記録媒体は、CoNiCr、CoCrTa、CoCrPt等のCo合金磁性層と、磁性層の結晶配向性を制御するCr下地層とから成るものが用いられている。Co合金磁性層はc軸を磁化容易軸とする六方最密(hcp)構造をとるため、面内磁気記録媒体として用いるには、c軸を面内に向けるのが望ましい。そこで、基板上にまず体心立方(bcc)構造をとるCr下地層を形成し、その上にCo合金磁性層をエピタキシャル成長させ、c軸を面内に向ける手法が用いられている。また、高い保磁力が必要な高密度記録媒体の磁性層には、格子定数の大きなCoCrPt合金が用いられるため、CrにTiやVを添加して格子間隔を増加させ、磁性層との格子整合性を高め、c軸をより面内に向ける手法が提案されている(特開昭62-257618号公報、特開昭63-197018号公報)。

【0004】 再生ヘッドに磁気抵抗効果型ヘッドを用いた場合、媒体の信号のみならず、ノイズも高感度に再生するため、媒体には従来以上の低ノイズ化が求められる。媒体ノイズは、主に記録ビット間の磁化遷移領域における磁化の乱れに起因しており、この領域を狭くすることが媒体ノイズの低減につながる。これには、磁性粒子を微細化し、かつ、粒子間の相互作用を弱め、磁化反転サイズを小さくすることが有効である。前述したように、磁性層と下地層の間にはエピタキシャル関係が成り立っているため、下地粒子を微細化することにより磁性粒子を微細化できる。また、粒子間の相互作用の低減は、磁性層のCr濃度及び成膜温度を高くして、非磁性のCrを粒界に偏析させることにより可能となる。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、高記録密度化に対応するために磁性層を薄くした場合には、磁性粒子の過度な微細化により磁化が熱的に不安定となり、記録された信号が時間とともに減衰することが問題となりつつある。本発明は、上記の問題点を解決するためになされたものである。より具体的には、1平方インチあたり3ギガビット以上の記録密度で高い信頼性を有する磁気記憶装置と、これを実現するための、媒体ノイズが低く、かつ、熱揺らぎの影響を受けにくい面内磁気記録媒体を提供することを目的とする。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明では、基板上に下地層を介して形成された磁性層を有する面内磁気記録媒体と、面内磁気記録媒体を記録方向に駆動する駆動部と、記録部と再生部とを備える磁気ヘッドと、磁気ヘッドを面内磁気記録媒体に対して相対運動させる手段と、磁気ヘッドへの信号入力と磁気ヘッドからの出力信号再生を行うための記録再生信号処理手段とを有する磁気記憶装置において、磁気ヘッドの再生部を磁気抵抗効果型磁気ヘッドで構成し、面内磁気記録媒体の磁性層を組成の異なる二層構造とし、かつ、下地層と接する第一磁性層のPt濃度を第一磁性層の上に形成された第二磁性層のPt濃度と比べて高くすることにより、前記目的を達成する。

【0007】第一磁性層のCr濃度は、第二磁性層のCr濃度と比べて低いのが好ましい。また、第一磁性層の膜厚は1nm以上8nm以下とする。磁気抵抗効果型磁気ヘッドは、互いの磁化方向が外部磁界によって相対的に変化することによって大きな抵抗変化を生ずる複数の導電性磁性層と、導電性磁性層の間に配置された導電性非磁性層を含む磁気抵抗センサを備えることもできる。

【0008】面内磁気記録媒体の磁性層は、CoCrPt、CoCrPtTa、CoCrPtNi、CoCrPtTi等、Coを主成分とする合金を用いることができる。Ptが添加されたCo合金は、異方性磁界が高く容易に高保磁力が得られるため高密度記録に適している。ただし、Pt添加とともに保磁力は増加する傾向にあるため、記録ヘッドの書き込み能力にあわせてPt濃度を選ぶ必要がある。

【0009】本発明者等の検討によれば、高記録密度化に対応するために磁性層を薄くしていく必要があるが、磁性層が薄い場合には、図1に示すように記録した信号が時間とともに減衰するようになる。これは、下地層の上にエピタキシャル成長させた磁性層の初期成長部には、過度に微細な粒子が存在し、これらが熱的に揺らぐためと考えられる。こうした熱揺らぎ現象は、磁気異方性定数 $K_u$ と磁性粒子の体積 $V$ の積 $K_u \cdot V$ が熱エネルギー $k_B \cdot T$ と比較できる程度まで小さくなると起こる。IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS、第30巻、4230-4232頁(1994年)によると、 $(K_u \cdot V) / (k_B \cdot T)$ が60程度になると、熱揺らぎの影響が顕著になる。

【0010】本発明者等はこうした熱揺らぎの影響を抑えるために、磁性層のPt濃度を变化させた媒体について検討したところ、図1に示すようにPt濃度を高くすることにより、信号の減衰を抑制できることが分かった。図1は再生出力の経時変化を表す図であり、磁性層のPt濃度を8at% (図中に□で示す) から、10at% (○)、12at% (△) と高めるに従って再生出力の経時変化が少なくなる。これは、Pt濃度とともに

磁気異方性定数 $K_u$ が大きくなり、 $(K_u \cdot V) / (k_B \cdot T)$ の値を高くすることができ、その結果、熱揺らぎの影響を抑えることができるためと考えられる。しかしながら、Pt濃度を高くすると保磁力が大きくなり、記録再生において十分な重ね書き特性が得られないという問題が生じる。

【0011】本発明者らは、熱揺らぎの影響を抑え、かつ、良好な重ね書き特性を得られるよう媒体構造を種々検討したところ、磁性層を二層構成とし、下地層と接する第一磁性層のPt濃度を、その上に形成された第二磁性層のPt濃度と比べ高くすることが有効であることがわかった。第一磁性層のPt濃度を高くすることは、磁性層初期成長部の過度に微細な粒子が熱的に揺らぐことを抑える効果があり、第二磁性層のPt濃度を低くすることで、保磁力の値を最適化することができる。更に、第一磁性層のCr濃度を第二磁性層のCr濃度と比べ低くし、粒子間の適当な交換相互作用を残すことにより、上記効果を高めることができる。つまり、磁性層初期成長部の過度に微細な粒子を磁気的に結合させ、実質的な磁化反転サイズを粒子サイズより大きくすることで、熱揺らぎの影響を抑えることができる。したがって、第一磁性層の厚さは磁性層の初期成長部の厚さと同程度にするのが望ましい。

【0012】初期成長部の厚さは、下地層と磁性層の組み合わせ及び成膜プロセス等に依存するが、最も厚い場合でも5nm程度であることから、第一磁性層の膜厚は5nm以下とするのが望ましい。また、第一磁性層と第二磁性層をあわせた膜厚は、媒体の分解能を高くする点から15nm以下とするのが望ましい。

【0013】本発明においては、磁性層のc軸を膜面内に向ける必要がある。このような結晶配向は、bcc構造を持ち、その(100)面が概ね膜面と平行な下地層の上に磁性層を形成することにより得られる。bcc構造を有する下地層の材料としては、Cr及びCrTi、CrV、CrMo、CrTa等のCr合金等から選択するのが望ましい。Cr合金を用いる場合、用いる基板やTi、V、Mo、Taの添加量により望みの結晶配向が得られにくい問題が生じる。この場合にはbcc下地層を二層とし、第一のbcc下地層としてCrを用い、その上にCr合金を用いた第二のbcc下地層をエピタキシャル成長させることにより、望みの結晶配向を得ることができる。

【0014】基板としては表面平滑性に優れたものを使用する必要があり、具体的にはNiPが表面に形成されたAl-Mg基板、ガラス基板、SiO<sub>2</sub>基板、SiC基板、カーボン基板等を用いることができる。また磁性層の保護層としては、10~30nmの厚さのカーボンを形成し、さらにパーフルオロアルキルポリエーテル等の潤滑層を2~20nmの厚さで形成することにより、信頼性の高い面内磁気記録媒体が得られる。また、保護

層の材料として、水素添加したカーボンや炭化シリコン等を用いることにより、耐摺動性、耐食性を向上することができる。

【0015】これまでに、磁性層を二層もしくは多層とした磁気記録媒体が多数報告されている。例えば、特開平8-147660号公報に開示されている磁気記録媒体では、磁性層を二層とし、第一磁性層をCoCrTa合金で形成し、第二磁性層をCoCrPtTa合金で形成する。この場合、第二磁性層に保磁力の高いCoCrPtTa合金を用い、かつ第二磁性層の膜厚を2~6nmとしている。それに対し本発明の磁気記録媒体では、磁性層の二層ともPtが添加されており、しかも第一磁性層のPt濃度が第二磁性層のPt濃度に比べ高く、かつ第一磁性層の膜厚を1~8nmと薄くしている点で異なる。

【0016】さらに、特開平8-147660号公報では、Ptを添加した第二磁性層の役割は、CoCrTa合金を用いた第一磁性層の保磁力低下の抑制であるのに対し、本発明の磁気記録媒体では、Pt濃度が高い第一磁性層に熱揺らぎの影響を抑制する役割を持たせている点で本質的に異なる。つまり、本発明の磁気記録媒体では、磁性層を薄くした場合に問題となる熱揺らぎによる再生信号の減衰を抑える効果があるが、この従来例のような膜構成では保磁力を高くすることはできてもこうした効果は期待できない。

【0017】また、例えば特開平8-77544号公報に開示されているように、磁性層を軟磁性層と硬磁性層との二層積層構造とした磁気記録媒体があるが、本発明の磁性層は二層とも硬磁性である点でこのような従来例とは異なる。磁性層に軟磁性層が含まれると、強い交換相互作用により媒体ノイズが増大する可能性が高く、さらに外部からの磁界の影響を受けやすくなるという問題も生じる。

【0018】また、例えば特開平6-243454号公報、特開平6-342511号公報、特開平6-349047号公報等を開示されているように、磁性層をCr等の非磁性中間層で分割した磁気記録媒体がある。この非磁性中間層は分割された磁性層間の交換相互作用を弱めるため、磁化反転サイズが小さくなり、その結果媒体ノイズを低減することができる。

【0019】しかしながら、IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS、第30巻、4230-4232頁(1994年)に記載されているように、分割された磁性層間には静磁気相互作用が働いており、磁化反転サイズが熱揺らぎの影響を受ける程度まで小さくなると、この負の相互作用により磁化が打ち消される可能性がある。それに対し、本発明の磁気記録媒体では磁性層を非磁性層で分割することなく直接積層しているため、磁性層間には適度な交換相互作用が働いており、熱揺らぎの影響を受けにくい。

【0020】以上のように、従来の多層磁性層を用いた磁気記録媒体では、磁性層を薄くした場合に顕在化する熱揺らぎの影響を抑制することは期待できないが、本発明の磁気記録媒体は熱揺らぎの影響を抑制する効果があるため、磁性層をより薄い領域で使うことができ、その結果、高い分解能を実現できる。

【0021】本発明の磁気記憶装置に用いる再生用磁気抵抗型磁気ヘッドの磁気抵抗センサ部は、互いに0.35μm以下の距離だけ隔てられた軟磁性からなる2枚のシールド層の間に形成する。前記シールド層の間隔を0.35μmより大きくすると分解能が低下するので好ましくない。面内磁気記録媒体の磁気特性としては、磁性層の厚さtと、記録時における面内磁気記録媒体に対する磁気ヘッドの相対的な走行方向に磁界を印加して測定した残留磁束密度Brとの積Br×tを10Gμm以上、130Gμm以下とし、さらに、磁界印加方向と同じ方向に磁界を印加して測定した保磁力Hcを2kOe以上とすると磁化遷移領域が狭くなり、媒体ノイズが低減する。Br×tを10Gμmより小さくすると十分な再生出力が得られず、また130Gμmより大きくすると分解能が低下するため好ましくない。また、保磁力を2kOeより小さくすると200kFCI以上の高記録密度での再生出力が大幅に低下するため好ましくない。

【0022】さらに、前記磁気抵抗効果型磁気ヘッドを、互いの磁化方向が外部磁界によって相対的に変化するることによって大きな抵抗変化を生ずる複数の導電性磁性層と、該導電性磁性層の間に配置された導電性非磁性層を含む磁気抵抗センサによって構成することにより、再生信号を高めることができるため、1平方インチあたり3ギガビット以上の記録密度で高い信頼性を有する磁気記憶装置を実現することができる。

【0023】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について説明する。

【実施例1】本実施例で用いた磁気記憶装置の平面模式図及び縦断面模式図を図2(a)及び図2(b)に示す。この装置は、面内磁気記録媒体21と、これを回転駆動する駆動部22と、磁気ヘッド23及びその駆動手段24と、前記磁気ヘッドの記録再生信号処理手段25を有してなる周知の構成を持つ磁気記憶装置である。

【0024】この磁気記憶装置に用いた磁気ヘッドの構造の模式図を図3に示す。この磁気ヘッドは、磁気ヘッドスライダ基体37の上に形成された記録用の電磁誘導型磁気ヘッドと再生用の磁気抵抗効果型ヘッドを組み合わせた記録再生分離型ヘッドである。記録用磁気ヘッドは、一対の記録磁極31、32とそれに鎖交するコイル33からなる誘導型薄膜磁気ヘッドであり、記録磁極間のギャップ層厚は0.3μmとした。また、磁極32はともに厚さ1μmの磁気シールド層36と対で、再生用の磁気ヘッドの磁気シールドも兼ねており、このシールド

ド層間距離は0.25 $\mu$ mである。再生用磁気ヘッドは、磁気抵抗効果センサ34と、電極となる導体層35からなる磁気抵抗効果型ヘッドである。なお、図3では記録磁極間のギャップ層及びシールド層は省略してある。

【0025】図4に、磁気抵抗センサの縦断面構造を示す。磁気抵抗センサの信号検出領域41は、酸化Alのギャップ層42上に横バイアス層43、分離層44、磁気抵抗強磁性層45が順次形成された部分から構成される。磁気抵抗強磁性層45には、20nmのNiFe合金を用いた。横バイアス層43には25nmのNiFeNbを用いたが、NiFeRh等の比較的電気抵抗が高く、軟磁性特性の良好な強磁性合金を用いてもよい。横バイアス層43は、磁気抵抗強磁性層45を流れるセンス電流で誘起された磁界によって、この電流と垂直な膜面内方向（横方向）に磁化され、磁気抵抗強磁性層45に横方向のバイアス磁界を印加する。これにより、媒体からの漏洩磁界に対して線形な再生出力が得られる磁気センサとなる。

【0026】磁気抵抗磁性層45からのセンス電流の分流を防ぐ分離層44には、比較的電気抵抗が高いTaを用い、膜厚は5nmとした。信号検出領域41の両端にはテーパー形状に加工されたテーパー部46がある。テーパー部46は、磁気抵抗磁性層45を単磁区化するための永久磁石層47と、その上に形成された信号を取り出すための一対の電極48から構成される。永久磁石47は保磁力が高く、磁化方向が容易に変化しないことが重要であり、CoCr、CoCrPt合金等が用いられる。

【0027】図5に、本実施例で用いた磁気記録媒体の膜構成を示す。基板51には外径95mm $\phi$ のNiPメッキが表面に施されたAl-Mg合金基板を用いた。下地層52として厚さ10nmのCr-15at%Ti合金層を、第一磁性層53として3nmのCo-22at%Cr-12at%Pt合金層を、第二磁性層54として11nmのCo-22at%Cr-10at%\*

\*Pt合金層を、保護層55として10nmのカーボン層をDCマグネトロンスパッタリング法により連続的に形成した。成膜条件は、アルゴンガスの分圧は5mTorr、投入電力は1kW、基板温度は300℃とした。潤滑層56は、パーフルオロアルキルポリエーテル系の材料をフルオロカーボン材料で希釈し塗布した。

【0028】また、比較例として、図6に示すように磁性層63を単層としたものを作製した。ここで磁性層63は、膜厚を14nmとし、Co-22at%Cr-10at%Pt合金層（比較例1）とCo-22at%Cr-12at%Pt合金層（比較例2）の二種類の組成を用いた。

【0029】本実施例と比較例の媒体に225kFCIの線記録密度で信号を書き込み、再生信号の経時変化を測定することにより、記録された信号の安定性を調べた。その結果、図7に示すように、比較例1の媒体では時間とともに再生出力が緩やかに減少し、120時間後には約4%の低下が見られたのに対し、比較例2及び本実施例の媒体では120時間後でも再生出力の低下はほとんど認められなかった。これは比較例1の媒体では、磁性層の初期成長部に過度に微細な粒子が存在し、これらが熱的に揺らぐのに対し、比較例2及び本実施例の媒体では初期成長部の $K_u$ が大きいと、 $K_u \cdot V$ の値を比較的大きくでき、その結果熱的な揺らぎを抑えることができたと考えられる。

【0030】一方、重ね書き特性は、表1に示すように比較例1と本実施例の媒体では良好な特性が得られたのに対し、比較例2の媒体では劣化した。比較例2の媒体の重ね書き特性が劣化したのは、Pt濃度が高く、保磁力が大きいためである。このように、熱揺らぎの影響を抑え、かつ良好な重ね書き特性を得るためには、磁性層を二層構成とし第一磁性層に高Pt濃度の磁性層を用いることが有効であることがわかる。

【0031】

【表1】

	磁性層の層構成	重ね書き特性 [dB]
実施例1	Co-22at%Cr-12at%Pt / Co-22at%Cr-10at%Pt	40
比較例1	Co-22at%Cr-10at%Pt	43
比較例2	Co-22at%Cr-12at%Pt	30

【0032】本実施例の媒体を図2に示した磁気記憶装置に組み込んで、ヘッド浮上量30nm、線記録密度260kFCI、トラック密度13kTPIの条件で記録再生特性を評価したところ1.7の装置S/Nが得られた。また、磁気ヘッドへの入力信号を8-9符号変調処理を施すことにより、10℃から50℃の温度範囲において、1平方インチあたり3ギガビットの記録密度で記録再生することができた。しかも、内周から外周までの

ヘッドシーク試験5万回後のビットエラー数は10ビット/面以下であり、平均故障間隔で30万時間が達成できた。

【0033】【実施例2】図5に示した実施例1の媒体と同様な層構成で、基板51には外径95mm $\phi$ のNiPメッキが表面に施されたAl-Mg合金基板を用い、下地層52として厚さ10nmのCr-15at%Ti合金層を、第一磁性層53として厚さxnm（x=0～

14) のCo-22at%Cr-12at%Pt合金層を、第二磁性層54として厚さ(14-x)nmのCo-22at%Cr-10at%Pt合金層を、保護層55として10nmのカーボン層をDCマグネトロンスパッタリング法により連続的に形成した。なお、ここでx=0及びx=14は、それぞれ厚さ14nmのCo-22at%Cr-10at%Pt及びCo-22at%Cr-12at%Pt単層磁性層の場合に相当する。成膜条件及び潤滑層56は実施例1と同様である。

【0034】第一磁性層の膜厚と225kFCIの線記録密度で書き込んだ信号の96時間後の減衰量の関係を図8(a)に、第一磁性層の膜厚と重ね書き特性の関係を図8(b)にそれぞれ示す。図8(a)に示すように、第一磁性層の膜厚が1nmと薄い場合でも再生出力の減衰量の低減効果が確認された。さらに3nm以上になると第一磁性層を用いない場合に比べ、その減衰量は1/2以下と非常に小さくなり、熱揺らぎの影響を十分抑えることができた。

【0035】一方、図8(b)に示すように、重ね書き特性は第一磁性層が8nmまでは35dB以上の実用上問題の無い良好な特性を示したが、さらに厚い領域では徐々に劣化した。また、第一磁性層の膜厚が5nm以下の領域では、40dB以上の特に良好な重ね書き特性が得られた。以上から、熱揺らぎの影響を抑え、かつ良好な重ね書き特性を得るためには、第一磁性層の膜厚は1nm以上8nm以下であることが好ましい。さらに、特に良好な重ね書き特性を得るには第一磁性層の膜厚を5nm以下とするのが好ましい。

【0036】【実施例3】図5に示した実施例1の媒体と同様な膜構成で、基板51には外径95mmφのNiPメッキが表面に施されたAl-Mg合金基板を用い、下地層52として膜厚10nmのCr-15at%Ti合金層を、第一磁性層53としてCr濃度を16at%から23at%まで変えた膜厚3nmのCo-Cr-11at%Pt合金層を、第二磁性層54として14nmのCo-22at%Cr-10at%Pt合金層を、保護層55として10nmのカーボン層をDCマグネトロンスパッタリング法により連続的に形成した。成膜条件及び潤滑層56は実施例1と同様である。

【0037】第一磁性層のCr濃度と225kFCIの線記録密度で書き込んだ信号の96時間後の減衰量の関係を図9に示す。第一磁性層のCr濃度を下げるに従い再生出力の減衰量は小さくなった。これはCr濃度を下げることで、磁性層初期成長部の過度に微細な粒子が磁的に結合し、実質的な磁化反転サイズが粒子サイズより大きくなったことを示していると考えられる。

【0038】このように、第一磁性層のPt濃度をそれほど高くしなくても、Cr濃度を下げ磁化反転サイズを大きくすることにより熱揺らぎの影響を抑えることができる。ただし、Cr濃度を下げすぎると磁化反転サイズ

が必要以上に大きくなり、その結果、媒体ノイズが増加するので、非磁性Crの偏析を促進する基板温度等の成膜プロセスと併せて、適当なCr濃度を選ぶ必要がある。

【0039】第一磁性層の組成がCo-18at%Cr-11at%Ptの本実施例の媒体を実施例1と同様な磁気記憶装置に組み込んで、ヘッド浮上量30nm、線記録密度260kFCI、トラック密度13kTPIの条件で記録再生特性を評価したところ1.6の装置S/Nが得られた。また、磁気ヘッドへの入力信号を8-9符号変調処理を施すことにより、10℃から50℃の温度範囲において、1平方インチあたり3ギガビットの記録密度で記録再生することができた。しかも、内周から外周までのヘッドシーク試験5万回後のビットエラー数は10ビット/面以下であり、平均故障間隔で30万時間が達成できた。

【0040】【実施例4】実施例1と同様な構成を持つ磁気記憶装置において、磁気抵抗センサ34に、図10に示すようなスピンバルブ型のセンサを用いた。磁気センサの信号検出領域101は、酸化Alのギャップ層102上に5nmのTaバフファ層103、7nmの第一の磁性層104、1.5nmのCu中間層105、3nmの第二の磁性層106、10nmのFe-20at%Mn反強磁性合金層107が順次形成された構造である。第一の磁性層104にはNi-20at%Fe合金を用い、第二の磁性層106にはCoを用いた。

【0041】反強磁性合金層107からの交換磁界により、第二の磁性層106の磁化は一方方向に固定されている。これに対し、第二の磁性層106と非磁性の中間層105を介して接する第一の磁性層104の磁化の方向は、面内磁気記録媒体からの漏洩磁界により変化する。このような二つの磁性層の磁化の相対的な方向の変化に伴い、三層の膜全体の抵抗に変化が生じる。この現象はスピンバルブ効果と呼ばれている。本実施例では、磁気抵抗効果センサにこの効果を利用したスピンバルブ型磁気ヘッドを用いた。なお、永久磁石層109と電極1010からなるテーパー部108は、図4に示した磁気抵抗効果センサと同様である。

【0042】実施例1で述べた媒体を上記磁気記憶装置に組み込んで、ヘッド浮上量30nm、線記録密度260kFCI、トラック密度13kTPIの条件で記録再生特性を評価したところ2.0の装置S/Nが得られた。また、磁気ヘッドへの入力信号を8-9符号変調処理を施すことにより、10℃から50℃の温度範囲において、1平方インチあたり3ギガビットの記録密度で記録再生することができた。しかも、内周から外周までのヘッドシーク試験5万回後のビットエラー数は10ビット/面以下であり、平均故障間隔で30万時間が達成できた。

【0043】

【発明の効果】本発明の面内磁気記録媒体は、磁性層の初期成長部の $K_u$ を大きくできるため熱揺らぎの影響を受けにくい。また、本発明の面内磁気記録媒体と磁気抵抗効果型ヘッドとを組み合わせることにより、1平方インチあたり3ギガビット以上の記録密度で高い信頼性を有する磁気記憶装置が実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】規格化された再生信号の経時変化を示す図。

【図2】(a)及び(b)はそれぞれ本発明の一実施例の磁気記憶装置の平面模式図及びそのA-A'縦断面図。

【図3】本発明の磁気記憶装置における磁気ヘッドの断面構造を示す立体模式図。

【図4】本発明の磁気記憶装置における磁気ヘッドの磁気抵抗センサ部の縦断面構造の模式図。

【図5】本発明の一実施例の面内磁気記録媒体の層構成を示す図。

【図6】本発明の一比較例の面内磁気記録媒体の層構成を示す図。

【図7】規格化された再生信号の経時変化を示す図。

【図8】(a)は第一磁性層の膜厚と再生出力の減衰量との関係を示す図、(b)は第一磁性層の膜厚と重ね書

き特性との関係を示す図。

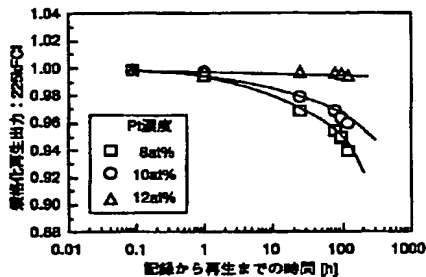
【図9】第一磁性層のCr濃度と再生出力の減衰量との関係を示す図。

【図10】本発明の磁気記憶装置における磁気ヘッドのスピンバルブ型磁気抵抗センサ部の縦断面構造の模式図。

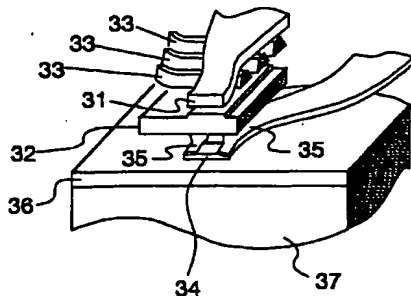
【符号の説明】

21…面内磁気記録媒体、22…面内磁気記録媒体駆動部、23…磁気ヘッド、24…磁気ヘッド駆動部、25…記録再生信号処理系、31…記録磁極、32…磁極兼磁気シールド層、33…コイル、34…磁気抵抗効果素子、35…導体層、36…磁気シールド層、37…スライダ基体、41…磁気センサの信号検出領域、42…ギャップ層、43…横バイアス層、44…分離層、45…磁気抵抗強磁性層、46…テーパー部、47…永久磁石層、48…電極、51…基板、52…下地層、53…第一磁性層、54…第二磁性層、55…保護層、56…潤滑層、63…磁性層、101…磁気センサの信号検出領域、102…ギャップ層、103…バッファ層、104…第一の磁性層、105…中間層、106…第二の磁性層、107…反強磁性合金層、108…テーパー部、109…永久磁石層、1010…電極

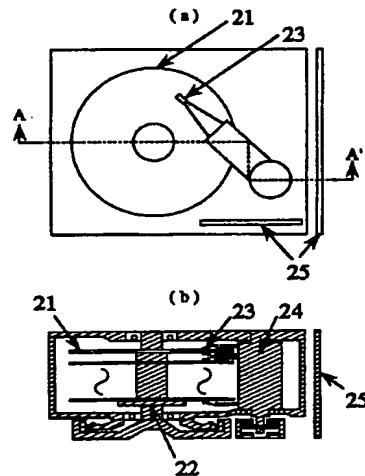
【図1】



【図3】

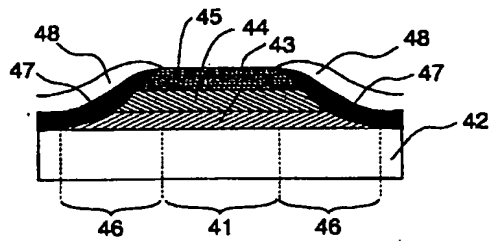


【図2】

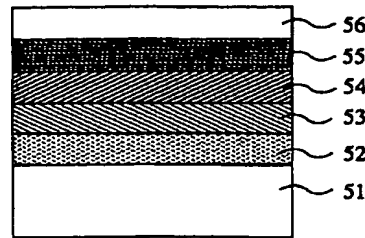




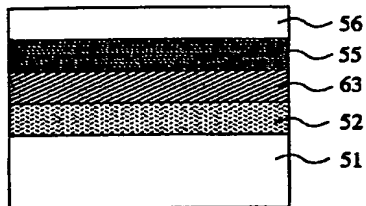
【図4】



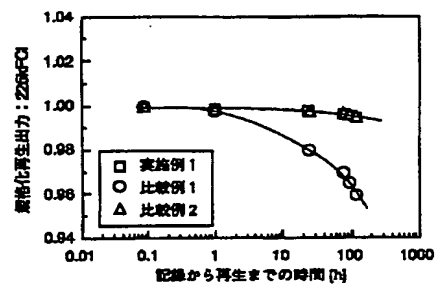
【図5】



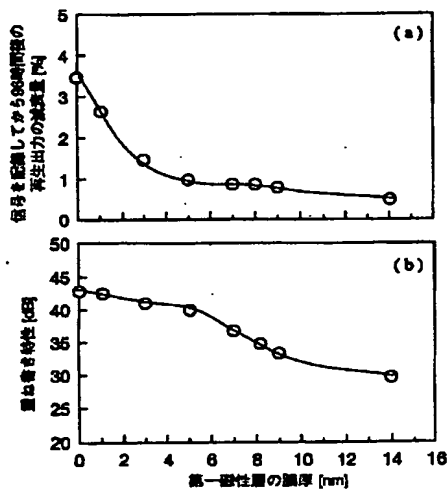
【図6】



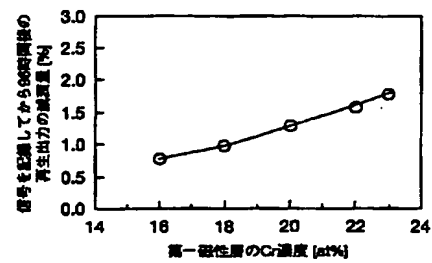
【図7】



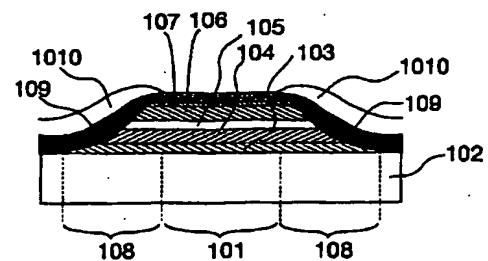
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 神邊 哲也  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 山本 朋生  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内